

Noteer niet uitsluitend de antwoorden, maar ook je redeneringen (in correct Nederlands) en de formules die je gebruikt hebt! Maak daar waar nodig een schets van de situatie. Let op het juiste aantal significante cijfers en vergeet de eenheden niet! Maak de opgaven in de juiste volgorde en werk netjes.

**Met potlood geschreven tekst wordt niet gecorrigeerd!
Het gebruik van Tipp-Ex is niet toegestaan.**

Opgave 1

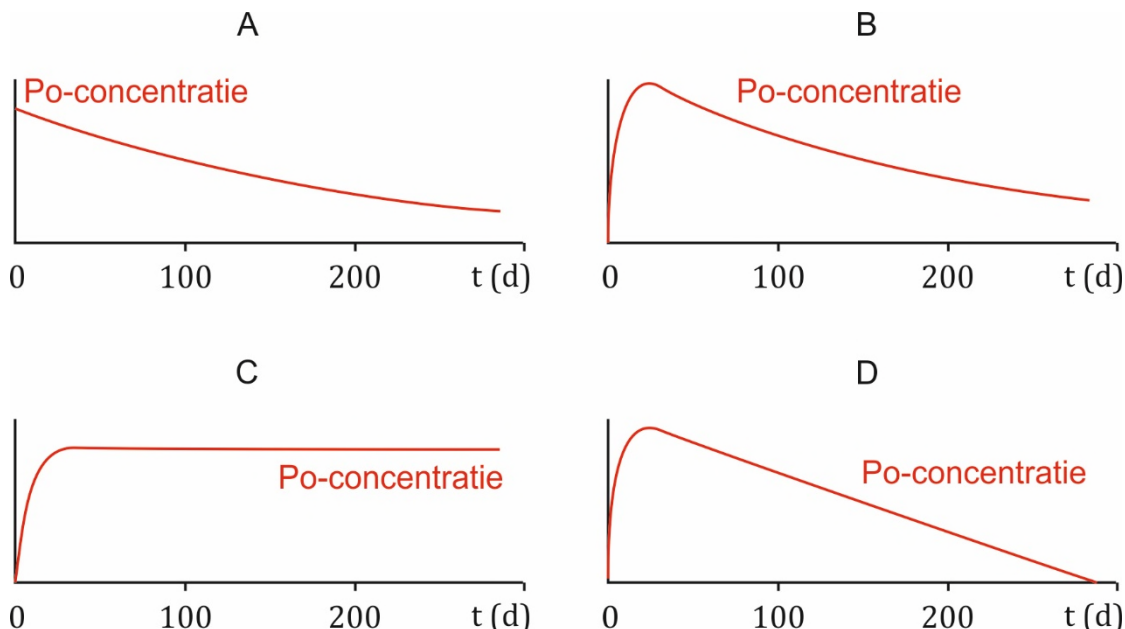
Om polonium-210 te produceren wordt het stabiele isotoop bismuth-209 korte tijd met neutronen bestraald. Het tussenproduct dat dan ontstaat, vervalt met een halveringstijd van 5,0 dagen via β -verval naar het isotoop polonium-210. De daarbij uitgezonden β -deeltjes hebben een maximale snelheid van $0,95 \cdot c$.

a) Neem onderstaande reactievergelijking over en vul deze aan.



- b) **Bereken** de maximale kinetische energie van een β -deeltje.
- c) **Schets** het energiespectrum van de vrijgekomen β -straling.
- d) **Leg uit** wat het essentiële verschil is met het spectrum van een α -straler.
- e) **Bereken** hoeveel procent van de oorspronkelijke hoeveelheid van het tussenproduct na 15 dagen reeds is vervallen.

In onderstaande vier diagrammen wordt de hoeveelheid polonium als functie van de tijd weergegeven. Op $t = 0$ wordt begonnen met het bestralen van bismuth-209.



- f) **Leg uit** welk diagram het verloop van de poloniumconcentratie juist weergeeft. Leg daartoe voor elk van de foute diagrammen uit wat er niet klopt.

Opgave 2

Brachytherapie staat voor inwendige bestraling. Het is een vorm van radiotherapie waarbij een stralingsbron enige tijd in, of in de nabijheid, van ziek weefsel wordt gebracht.

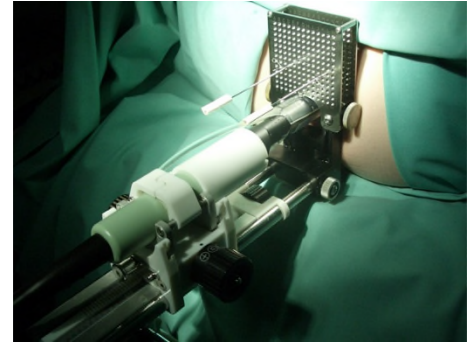
Er zijn twee varianten voor de behandeling van prostaatkanker.

De zogenaamde LDR- (Low Dose Rate, oftewel laag dosistempo) en de HDR- (High Dose Rate, oftewel hoog dosistempo) behandeling.

In het geval van een HDR-behandeling worden iridium-192 bronnen via holle naalden enige tijd in en/of rond het ziek weefsel geplaatst. In

nevenstaande afbeelding zie je hoe dit wordt toegepast als behandeling tegen prostaatkanker.

Allereerst worden de naalden (zonder de bron) precies op de juiste plek ingevoerd. Daarna worden de bronnen gedurende een paar minuten via deze buizen in de nabijheid van het zieke weefsel gebracht. Deze behandeling wordt dan over een periode van meerdere dagen of weken een paar keer herhaald.



a) Geef de mogelijke vergelijkingen voor het verval van iridium-192.

De β -deeltjes bij dit verval hebben een energie van slechts 0,6 MeV. β -deeltjes met zo'n lage energie komen in het weefsel maar ongeveer 3 mm ver. Als je bedenkt dat de bron in een capsule zit komen ze nog minder ver, waardoor ze aan de behandeling van de prostaat geen bijdrage leveren. Het zijn de fotonen, die ten gevolge van het radioactief verval vrijkomen, die voor de eigenlijke dosis zorgen bij deze vorm van bestraling.

Bij één sessie van een bepaalde behandeling moet een stuk weefsel met een massa van 30 g een dosistempo van 20 Gy per uur ontvangen. De behandeling duurt 10 minuten. De gemiddelde energie van de hierbij uitgezonden γ -deeltjes is 350 keV. Neem aan dat alle uitgezonden straling door het stukje weefsel wordt opgenomen.

b) **Bereken** de gemiddelde activiteit die het ingebrachte iridium moet hebben.

De activiteit van het iridium-192 daalt in de loop van de tijd. Met hetzelfde iridiumpreparaat wordt de behandeling precies vier weken later herhaald. Men wil dan dezelfde stralingsdosis toedienen aan hetzelfde stukje weefsel.

c) **Bereken** hoe lang de behandeling dan moet duren.

Opgave 3

De massieke activiteit van C-14 is min of meer constant en bedraagt 220 Bq/kg.

De activiteitsbepaling vindt plaats met behulp van een telbuis. De telbuis wordt gevuld met CO₂ dat ontstaat bij verbranding van het te onderzoeken materiaal.

De efficiëntie van de gebruikte telbuis voor C-14 bedraagt 96%.

Uit een achtergrondtelling van 30 uur bepaalde men een achtergrondteltempo van gemiddeld 0,0025 tellen per seconde.

In de telbuis wordt 0,278 g C-14 gebracht in de vorm van CO₂ verkregen door verbranding van een monster van prehistorisch hout. Het aantal tellen in 30 uur bedraagt 590.

a) **Leg uit** wat massieke activiteit betekent.

b) Geef de vervalvergelijking voor het verval van C-14.

c) **Bereken** de ouderdom van dit voorwerp.

De halveringstijd van C-14 bedraagt 5730 jaar.

Dit onderdeel is tamelijk uitgebreid, werk stap voor stap en geef een duidelijke en volledige toelichting. Deelstappen leveren ook punten op!